

IDENTIFICATION ET EXPLOITATION DE RÉSISTANCES AUX VIRUS CHEZ LES PLANTES MARAÎCHÈRES

par H. LECOQ, E. POCHARD*, M. PÏTRAT*, H. LATERROT* et G. MARCHOUX

RÉSUMÉ. — La création de variétés résistantes aux virus apparaît souvent comme le moyen le plus efficace et le plus économique de lutter contre ces agents pathogènes.

Plusieurs formes de résistances partielles sont utilisées pour la création de variétés de Melon, Piment ■ Tomate résistantes aux virus. Nous présentons quelques mécanismes intervenant à différents stades de l'infection virale. La résistance peut s'exprimer lors de l'inoculation du virus ce qui se traduit par un taux de plantes infectées plus faible (tendance à échapper à l'infection). Le virus est parfois séquestré dans l'organe contaminé ou demeure localisé à certaines parties de la plante sans devenir systémique (résistance à la migration) ou sa synthèse est réduite (résistance à la multiplication). Enfin le virus peut être difficilement accessible aux vecteurs, ce qui peut réduire le développement ultérieur des épidémies (résistance à l'acquisition de virus). Pour un certain nombre de ces ■ des tests simples, appliqués en sélection, ont été mis au point.

L'association chez une même plante de mécanismes de résistances agissant à des stades différents du développement de l'infection virale a pour but d'augmenter le niveau de la protection. Cependant cette addition de résistances partielles ne conduit pas dans toutes les circonstances à une protection satisfaisante de l'hôte. L'association de pratiques culturales retardant le développement des épidémies virales et de variétés partiellement résistantes peut alors conduire à une protection efficace de la culture.

SUMMARY. — Breeding for virus resistance appears often ■ the more efficient, the cheaper and sometimes the only way to control these pathogens. In vegetables, Plant breeders and Virologists meet three difficulties : 1) the great number of species and cultivar types involved, 2) the diversity and variability of the viruses which have a real economical incidence, 3) the frequent absence of major resistance genes.

Therefore partial resistances has to be looked for and examples of resistance mechanisms used in Muskmelon, Pepper or Tomato breeding programs are presented. Resistance may occur at different stages of the viral infection (virus inoculation, virus migration, virus multiplication, virus acquisition); for each resistance form, a specific simple screening test must be established.

The association within ■ same cultivar of resistances involving different mechanisms should increase the protection level. However, sometimes, partial resistances ■ not sufficient to give ■ complete protection : in these cases the joint use of cultural practices intended to delay virus spread and partial resistances - within an integrated control scheme - should lead to a satisfactory protection.

Station de Pathologie Végétale et

* Station d'Amélioration des Plantes Maraîchères, INRA, Centre de Recherches Agronomiques d'Avignon, Domaine St Maurice - 84140 Montfavet.

CRYPTOGAMIE, MYCOLOGIE (*Cryptog.*, *Mycol.*) TOME 3 (1982).

Parmi les agents pathogènes dont les attaques sont les plus préjudiciables aux cultures maraîchères, les virus occupent une place prépondérante. Certains d'entre eux, tel le Virus de la Mosaïque du Concombre (CMV), présentent chaque année le même caractère de gravité chez les diverses espèces légumières sensibles (Courgette, Melon, Poivron, Tomate) alors que d'autres, tels le Virus Y de la Pomme de Terre (PVY) ou le Virus du Rabougrissement Jaune du Melon (MYSV), ne sont graves que certaines années, lorsqu'ils rencontrent des conditions épidémiologiques favorables.

Les méthodes de lutte contre les virus sont extrêmement variées car ceux-ci présentent une grande diversité dans leur cycle biologique (LOEBENSTEIN et RACCAH, 1980; ZITTER et SIMONS, 1980). On peut évoquer l'élimination des sources de virus dans ou à proximité des parcelles (obtenue par le désherbage qui permet la destruction des plantes «réservoirs» de virus, ou par l'utilisation de semences indemnes de virus), l'utilisation de paillages plastiques ayant un effet répulsif sur certains vecteurs, l'emploi de pulvérisations d'huiles qui réduisent l'efficacité des piqûres d'inoculation des pucerons et la protection des plantes par l'inoculation de souches de virus peu pathogènes (prémunition). Ces diverses méthodes présentent toutefois l'inconvénient de n'avoir souvent qu'une efficacité temporaire, de ne s'appliquer qu'à certains virus et parfois seulement dans des types de cultures particuliers. Ainsi, la prémunition de la Tomate par le Virus de la Mosaïque du Tabac (TMV) n'est applicable qu'en culture sous abri d'hiver-printemps.

Dans ce contexte, la création de variétés résistantes aux virus apparaît souvent comme le moyen le plus efficace — parfois même le seul — et le plus économique de lutte contre ces agents pathogènes. Cependant, dans le cas des cultures maraîchères, sélectionneurs et pathologistes se trouvent confrontés à une triple difficulté :

- le grand nombre d'espèces et de types variétaux concernés;
- la diversité et la variabilité des virus ayant une réelle importance économique;
- et, souvent, l'absence de gènes majeurs de résistances.

Ce dernier point rend nécessaire l'exploitation de résistances partielles ou de moindres sensibilités. Celles-ci sont généralement mises en évidence dans les conditions naturelles d'infection, mais une sélection en plein champ pour ces caractères est peu efficace en raison de la présence d'autres virus et de l'irrégularité des contaminations.

On sait que la résistance d'une plante à un virus peut intervenir à des niveaux très variés du cycle biologique viral : l'inoculation, l'infection proprement dite, ou la dissémination. Cependant, les mécanismes biochimiques, sans doute divers, mis en jeu dans ces différentes formes de résistance demeurent fort mal connus.

Sur un plan méthodologique, il faut donc, dans un premier temps, définir le niveau d'action des résistances que l'on se propose d'exploiter en vue éventuellement de les associer si elles sont différentes, puis, dans un second temps, mettre au point des tests applicables en sélection permettant de différencier les plantes résistantes des plantes sensibles.

Nous présenterons quelques exemples de mécanismes de résistance rencontrés chez certaines espèces maraîchères étudiées dans les laboratoires de l'I.N.R.A. d'Avignon - Montfavet (Tableau 1) en suivant les différentes phases du cycle biologique viral. Les problèmes liés à une gestion optimale de ces résistances seront ensuite abordés.

Tableau 1. - Espèces chez lesquelles des programmes de création de variétés résistantes aux virus sont réalisés dans les Laboratoires de l'INRA d'Avignon - Montfavet.

Virus \ Espèce	Courgette	Melon	Piment	Tomate
Mosaïque du Concombre	+	+	+	+
Mosaïque de la Pastèque 1	+	+		
Mosaïque de la Pastèque 2	+	+		
Mosaïque du Tabac			+	+
Rabougrissement Jaune du Melon	+	+		
Y de la Pomme de Terre			+	
« Yellow leaf curl » de la Tomate				+

1) RÉSISTANCE A L'INOCULATION

1.1. - Résistance à la transmission de virus par les vecteurs.

Une résistance à la transmission de virus par *Aphis gossypii*, le puceron du Melon, a été observée chez certaines lignées de Melon originaires d'Extrême Orient ou d'Inde (LECOQ et al., 1979). Cette résistance gouvernée par un gène dominant (*Vat*) n'est pas spécifique d'un virus donné mais elle joue vis-à-vis de tous les virus testés et transmissibles par *A. gossypii*. Par contre, la résistance n'est pas efficace lorsqu'on considère d'autres vecteurs importants de ces virus tels que *Myzus persicae* ou *Aphis fabae* (Tab. 2) (LECOQ et al., 1980; RISSER et al., 1981).

Les variétés possédant cette forme de résistance sont sensibles aux différents virus après inoculation mécanique : il se pose donc un problème méthodologique car il est difficile d'introduire des tests de transmissions de virus par *A. gossypii* dans un programme de sélection en raison des contraintes (en temps, en occupation de serre, etc.) associées à ce type d'essai.

La démonstration du lien existant entre la résistance à la transmission et la résistance à *A. gossypii* par non acceptation, a permis de mettre au point un test très simple, déjà largement utilisé en sélection, le «test 10 pucerons» (PI-TRAT et LECOQ, 1980). Ce test consiste à déposer sur les plantes à éprouver au stade 1 feuille, 10 jeunes adultes aptères d'*A. gossypii*; le nombre (*n*) de pucerons demeurant sur la plantule 24 heures plus tard indique si la plante est sensible ($n \geq 8$) ou résistante ($n < 8$). La figure 1 montre l'excellente corrélation observée entre la réponse du «test 10 pucerons» et la résistance à la transmission dans deux populations en disjonction.

Tableau 2. -- Spécificité de la résistance à la transmission de virus par les pucerons chez le Melon.

Virus	Variété ¹	
	Charentais	P.I. 161375 Songwhan Charmi
Mosaïque du Concombre (pathotype «Song»)	90 % ²	0 %
Mosaïque de la Pastèque 1	67 %	0 %
Mosaïque de la Pastèque 2	83 %	0 %
Rabougrissement Jaune du Melon	83 %	0 %
Puceron	Variété ⁴	
	Charentais	P.I. 161375 Songwhan Charmi
<i>Aphis gossypii</i>	90 % ³	0 %
<i>Aphis citricola</i>	7 %	7 %
<i>Aphis craccivora</i>	18 %	12 %
<i>Aphis fabae</i>	13 %	7 %
<i>Myzus persicae</i>	67 %	45 %

1. Les variétés «Charentais» et «Songwhan Charmi» sont sensibles, après inoculations mécaniques aux différents virus étudiés.
2. Taux de transmission assurés par *Aphis gossypii* (3 pucerons/plante test).
3. Taux de transmission du virus de la Mosaïque du Concombre (pathotype «Song») (3 pucerons / plante test).

NOMBRE DE
PLANTES

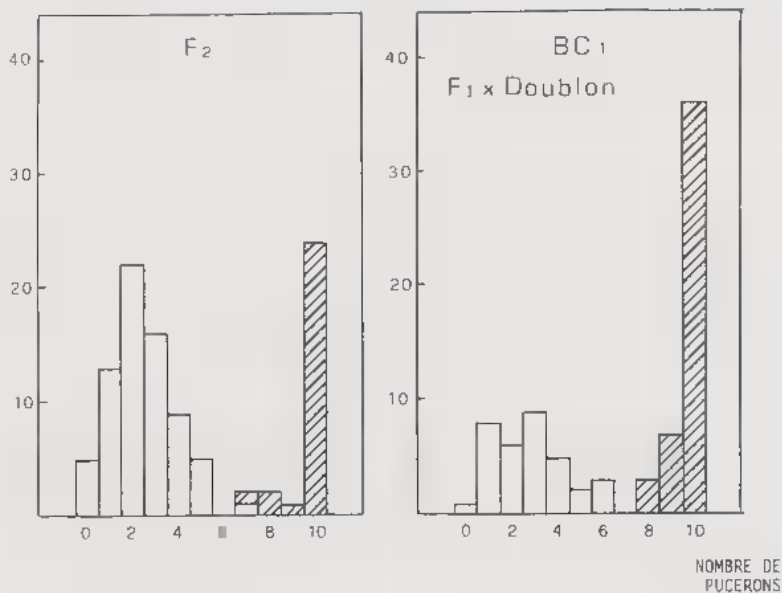


Fig. 1. -- Relation existant entre la résistance à *Aphis gossypii* par non acceptation (estimée par le nombre d'adultes d'*A. gossypii* restant sur les plantes 24 h après le dépôt de 10 individus) et la résistance □ ou la sensibilité ▨ à la transmission du CMV par *A. gossypii* (après 2 inoculations par 3 pucerons virulifères par plante). Étude de 2 populations en disjonction pour ces caractères : les générations F 2 et BC 1 (F 1 x Doublon) réalisées entre une variété doublement sensible (Doublon) et une variété doublement résistante (PI 161375).

1.2 - Résistance à l'inoculation mécanique : tendance à échapper à l'infection.

Lors de tests d'inoculation artificielle de CMV à divers génotypes de Piment, il s'est avéré que quelques uns montraient des taux de plantes échappées à l'infection plus élevés que la normale. Trois introductions non apparentées et proches du type sauvage qui présentaient cette propriété ont été étudiées : «Rama», «Perennial» et «PM 687» (POCHARD, 1977 et données non publiées).

Par analogie avec les résultats de TROUTMAN et FULTON (1958) obtenus chez le Tabac, il est apparu possible de révéler cette propriété par des tests quantitatifs à l'échelle de la feuille contaminée : le nombre de foyers infectieux primaires obtenus après frottis devrait, en effet, être plus faible que chez les autres variétés. L'emploi d'une souche déficiente (CMV-N de FULTON) ne donnant que des lésions locales facilement comptables, s'est révélé un outil privilégié. Les 3 géniteurs présentent, en effet, beaucoup moins de lésions locales que les autres variétés (Tab. 3) (POCHARD, 1977).

Tableau 3. — Relation entre la tendance à échapper à l'infection après inoculation mécanique d'une souche de CMV normalement virulente (souche TL) et le nombre de lésions locales provoquées par la souche N de CMV chez le piment. Comparaison de 3 variétés sensibles et de 3 variétés partiellement résistantes.

Variétés	Sensibles			Résistantes		
	Yolo Wonder	Yolo Y	Narval	PM 687	Perennial	Rama
Nombre de lésions locales ¹ (souche N)	47,3	77,9	48,3	3,0	3,4	0,03
Intervalle de confiance	2,6	5,0	4,3	0,4	0,6	—
Pourcentage de plantes échappées ¹ (souche TL)	10 %	—	—	40 %	94 %	83 %

1. L'inoculation est réalisée par frottis, en présence de Carborundum, des 1ères et 2èmes feuilles de jeunes plantules.

Ce phénomène se manifeste aussi en présence des souches normalement virulentes isolées dans le sud de la France mais le comptage des foyers infectieux est beaucoup plus incertain, surtout chez les plantes sensibles. Sur un ensemble de 5 souches, le coefficient de réduction a varié de 3 à 110 suivant la souche et le génotype, en comparaison à un témoin non résistant.

Les différents géniteurs ont été croisés avec la variété sensible «Yolo Wonder» afin de préciser le mode de transmission héréditaire de ces propriétés. Chez «Rama», un gène majeur dominant est responsable de la réduction d'un facteur de 250 environ du nombre de lésions locales induites par la souche N (POCHARD, 1982). Chez «Perennial» et «PM 687», on observe une hérédité polygénique récessive. La recherche de structures cellulaires associées à ces propriétés pourrait permettre de préciser l'origine de cette forme de résistance.

2) RÉSISTANCE A LA MIGRATION DU VIRUS DANS LA PLANTE

2.1 - Séquestration dans l'organe contaminé.

Chez la Tomate, il existe deux allèles dominants : $Tm2$ et $Tm2^2$ – tous deux issus de l'espèce sauvage *Lycopersicon peruvianum* – gouvernant une résistance par hypersensibilité au TMV (Tab. 4) (LATERROT, 1973, 1977). La sélection pour chacun de ces allèles est aisée : l'inoculation mécanique d'une souche «jaune» de race «commune» (race 0) de TMV permet de séparer 10 jours plus tard les plantes sensibles (qui présentent une mosaïque), des plantes résistantes (qui ne présentent pas de symptômes, ou seulement des lésions nécrotiques sur les organes contaminés lorsque l'inoculation a lieu sur les cotylédons).

On connaît un pathotype de TMV adapté à $Tm2$ (race 2) mais il n'a pas été rencontré de souches adaptées à $Tm2^2$. Par ailleurs à l'état hétérozygote, des nécroses graves peuvent apparaître sur les parties végétatives et sur les fruits lorsque la température, la lumière et la pression d'inoculum sont élevées : il apparaît donc que si ce type de résistance n'offre pas de difficulté au sélectionneur sur un plan méthodologique, son emploi dans la création de variétés résistantes nécessite une connaissance précise de la variabilité du virus d'une part, et de l'efficacité de la résistance dans diverses conditions de milieu d'autre part (LATERROT, 1973).

La séquestration du virus dans l'organe inoculé ne s'accompagne pas toujours de réactions nécrotiques : ainsi les plantes de la lignée PI 161375 de Meion contaminées par les souches «communes» de CMV présentent seulement des tâches chlorotiques sur l'organe contaminé, et pas de symptômes généralisés. Le tri entre plantes sensibles et résistantes est ici aussi très simple, les premières présentant des symptômes de mosaïque généralisée et les secondes pas de symptômes (RISSER et al., 1977).

2.2 - Localisation dans certains secteurs de la plante.

L'observation attentive des collections de Piment en plein champ fait apparaître le comportement remarquable de quelques génotypes de *Capsicum annum* («Piment sucette», «Antibois», «Niora» ...) et de *C. baccatum* (Pen 3-4) vis-à-vis du CMV. Sur certaines plantes, on peut apercevoir simultanément des secteurs très malades et d'autres qui restent sains pendant de longues périodes. Le virus n'est pas mis en évidence par rétroinoculation dans les secteurs d'apparence saine. Il semble donc que ces plantes aient la possibilité de limiter la migration du virus d'un rameau à l'autre.

Il est possible de reproduire à volonté ce phénomène de localisation sectorielle grâce à un test comportant la décapitation de jeunes plantes possédant 4 à 6 feuilles étalées (fig. 2) (POCHARD, 1977). Un temps de latence est nécessaire entre la décapitation et l'inoculation pour permettre une certaine «maturation» des tissus. Le critère principal est le temps nécessaire pour que le virus diffuse du rameau axillaire correspondant à la feuille inoculée au rameau situé plus haut (fig. 3).

LOCUS		Tm1	Tm2		
Chromosome		5	9		
Source		<i>L. hirsutum</i>	<i>L. peruvianum</i>		
Allèle		Tm1 = Tm	Tm2		Tm2 ² = Tm2 ^a
			avec nv	sans nv	
Réaction envers les pathotypes	0	tolérance	résistance		résistance
	1	sensibilité	résistance		résistance
	2	tolérance	sensibilité		résistance
Défauts ou limites		faible fertilité à l'état homozygote			
		généralisation du pathotype 1	réaction nécrotique à haute température à l'état hétérozygote		
			faible	importante	
Solutions actuelles		Hybrides F1	Tm2 ² Tm1 / Tm2 ² +Tm1+ Tm2 ² / Tm2 ²		

Tableau 4. — Composantes de la résistance de la Tomate au virus de la Mosaïque du Tabac (TMV)

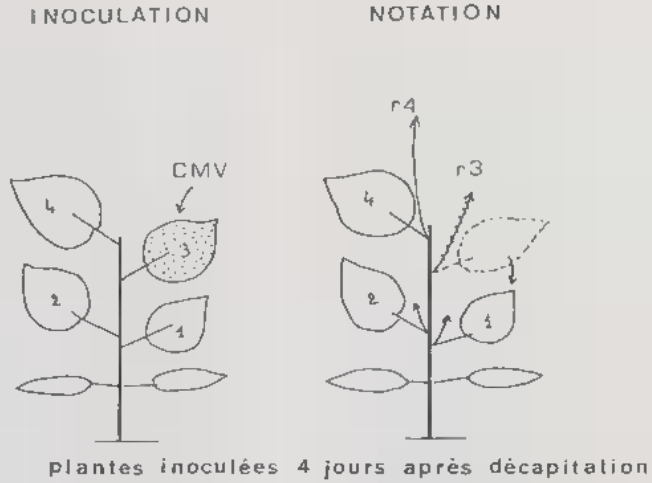


Fig. 2. — Test de décapitation utilisé pour mettre en évidence chez le Piment, la localisation du CMV à certains secteurs de plantes (r_3, r_4 = rameaux axillaires correspondant à la feuille inoculée et à la feuille située un rang plus haut).

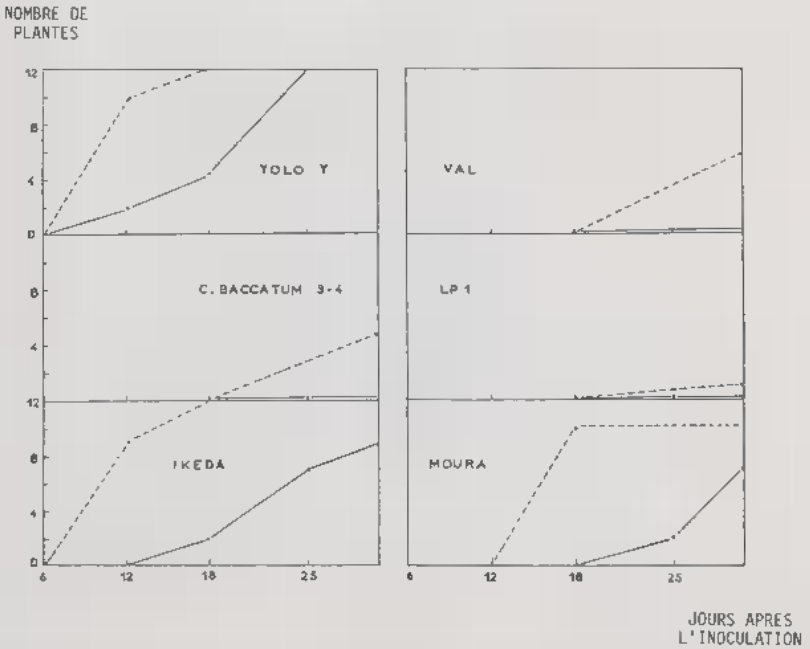


Fig. 3. — Progression des symptômes de mosaïque sur les rameaux axillaires apparus après le test de décapitation chez diverses variétés de Piments. Inoculation sur la 3^{ème} feuille par la souche de CMV Ter 75. - - - - - rameau r_3 ; ———— rameau r_4 (voir la fig. 2).

Deux sources principales de résistance ont été utilisées et plusieurs sources secondaires d'origines aussi variées que possible. Par recombinaison progressive on a pu obtenir des lignées qui montrent un niveau de résistance, en inoculation artificielle comme ■ plein champ, très supérieur à celui des meilleurs parents. Il devient donc nécessaire de mettre au point des tests plus sévères ou de trouver des souches de virus d'une agressivité supérieure pour continuer à progresser (POCHARD, 1977 et données non publiées).

3) RÉSISTANCE A LA MULTIPLICATION VIRALE

Cette forme de résistance est vraisemblablement assez courante mais généralement négligée en raison de la difficulté de doser avec précision les virus dans les tissus foliaires et donc de définir un outil fiable de sélection.

Dans le cas du couple TMV/Tomate, on connaît une résistance de ce type gouvernée par un gène dominant (*Tm1*) issu de *Lycopersicon hirsutum* (Tab. 4) (LATERROT, 1973, 1977). La sélection pour ce caractère est aisée du fait du retard dans l'apparition des symptômes observé chez les variétés possédant *Tm1* : un tri précoce, 10 jours après l'inoculation mécanique d'une race commune (race 0), permet donc de séparer les plantes résistantes des plantes sensibles.

On observe également chez certaines lignées de Melon qui possèdent une résistance efficace vis-à-vis des souches «communes» de CMV, une moindre sensibilité à l'égard des souches adaptées, les souches «Song», qui s'exprime entre autres caractères, par une moindre multiplication virale, décelable tant

Tableau 5. — Résistance au CMV chez le Melon : réduction de la multiplication virale (les différents dosages correspondent à des essais indépendants).

Dosage	Variétés	
	Charentais	PI 161375 Songwhan Charmi
Biologique sur <i>Vigna sinensis</i> (nombre moyen de lésions locales / feuille)	60	0,5
Sérologique Méthode E.L.I.S.A. ($\mu\text{g/ml}$ d'extrait)	246	< 1
Rétroinoculation par <i>Myzus persicae</i> (taux de transmission en %)	50 ¹	22 ¹
Rétroinoculation par <i>Aphis gossypii</i> (taux de transmission en %)	64 ¹	31 ¹

1. pourcentage de plantes tests (Charentais) infectées : un puceron ayant acquis le CMV (Pathotype «Song») pendant 2,5 min sur «Songwhan Charmi» ou «Charentais» est déposé par plante test.

par tests biologiques (indexage sur l'hôte hypersensible : *Vigna sinensis*) que sérologiques (test ELISA) (Tab. 5). Une situation analogue est rencontrée chez certaines lignées de Piment vis-à-vis du CMV (MARCHOUX et al., 1967 et données non publiées).

Le test biologique est difficilement utilisable en sélection en raison de l'importante variabilité de la réponse du *V. sinensis* et de la présence, chez certaines lignées, d'inhibiteurs pouvant modifier la relation existant, dans certaines gammes de dilution, entre le nombre de lésions locales produites et la concentration en particules virales. C'est pourquoi, des essais sont actuellement entrepris pour rendre quantitative la méthode ELISA (DEVERGNE et CARDIN, résultats non publiés). L'intérêt pratique de ce type de résistance réside dans le fait que les plantes infectées seront des sources moins efficaces de virus pour les pucerons vecteurs que les variétés sensibles (Tab. 5).

4) RÉSISTANCE A L'ACQUISITION DE VIRUS PAR LES VECTEURS

L'ultime phase du cycle biologique viral correspond au stade où la plante est infectée et va devenir une source de virus pour les vecteurs qui iront alors contaminer de nouvelles plantes dans la culture ou dans des cultures voisines.

La résistance à la multiplication de virus, nous venons de le voir, peut se traduire par une réduction du taux d'acquisition de ce virus par ses vecteurs (Tab. 5), ce qui dans une certaine mesure devrait ralentir le développement des épidémies virales. On peut également concevoir des résistances n'intervenant qu'au niveau de l'acquisition des virus : en particulier dans le cas des Potyvirus, il a été mis en évidence une substance, le «facteur assistant» («helper component» des Anglo Saxons) nécessaire à la fixation du virus au stylet du puceron vecteur (PIRONE, 1977). Chez le Melon, le Virus de la Mosaïque de la Pastèque 2 (WMV 2) est un potyvirus grave pour lequel on ne connaît pas encore de résistance, si ce n'est la résistance à la transmission par *A. gossypii* (LECOQ et al., 1980). Nous cherchons actuellement dans cette espèce des variétés chez lesquelles la synthèse de «facteur assistant» ne serait pas assurée. Dans ce cas, il n'y aurait pas de développement secondaire des épidémies puisque les plantes, même infectées, ne pourraient plus être des sources de virus.

CONCLUSION

STRATÉGIE DE CRÉATION VARIÉTALE POUR L'EXPLOITATION DE RÉSISTANCES PARTIELLES

On peut théoriquement distinguer 4 étapes successives dans la mise en œuvre d'un programme de création de variétés résistantes aux virus. Dans la première, on cherche à identifier des mécanismes précis et à mettre au point des tests

d'évaluation quantitative aussi simples et aussi fiables que possible. La seconde étape consiste à repérer les génotypes non apparentés qui présentent le mécanisme choisi au plus haut niveau. Dans la troisième étape, la plus longue et la plus complexe, on cherche à effectuer le maximum de recombinaisons de gènes utiles. La quatrième étape est la fixation et la comparaison aux parents d'origines, des lignées ou populations transgressives qui présentent des associations encore inédites de caractères favorables.

Dans le cas du Piment et du CMV, on a choisi de traiter de façon complètement séparée les 3 filières liées aux 3 principaux mécanismes de résistance identifiés.

Seule, la filière comportant l'exploitation de la résistance à la migration du virus est près d'aboutir. Le nombre total de générations nécessaire à l'obtention des premières variétés fixées présentant des caractéristiques agronomiques intéressantes n'aura pas été inférieur à 22 à partir de l'espèce voisine *C. baccatum*, l'une des principales sources utilisées. Alors que l'on ne disposait, au départ, que de moindres sensibilités au champ qui paraissaient très difficilement exploitables, on a déjà obtenu des lignées d'un niveau de résistance en plein champ encore jamais observé, et il semble que cette filière n'ait pas encore montré les limites de ses potentialités. On peut donc espérer aboutir, en fin de programme, à une résistance de très haut niveau, avoisinant peut-être l'immunité. Si les autres filières s'avèrent aussi productives, il ne sera sans doute pas nécessaire de faire une recombinaison d'ensemble. Nous garderons, au contraire, la possibilité d'utiliser chacun des mécanismes de résistance dans une sorte de rotation afin d'éviter une adaptation de l'agent pathogène.

Dans le cas de la Tomate et du TMV, la stratégie de création variétale a du prendre en compte deux aspects : les liens existants entre résistance et caractères agronomiques défavorables d'une part ($Tm2$ et nanisme chlorotique contrôlé par l'allèle *nv*, mauvaise fertilité des plantes homozygotes pour $Tm1$, nécroses associées aux hétérozygotes pour $Tm2$ ou pour $Tm2^2$) et la variabilité du virus d'autre part. L'une des solutions proposées est l'association à l'état hétérozygote de $Tm1$ et $Tm2$ (Tab. 4) (LATERROT, 1973, 1977). Cette combinaison assure une protection totale envers les souches les plus fréquentes ainsi que vis-à-vis d'une souche hollandaise nécrogène sur les plantes homozygotes pour $Tm2^2$; mais elle ne permet pas d'éviter les nécroses que peut provoquer la race 1 par température et ensoleillement élevé. Plus de la moitié des tomates sous serre sont des hybrides résistants au TMV possédant cette combinaison génétique qui, dans des conditions pratiques des cultures assure une protection quasi absolue.

STRATÉGIE DE GESTION DES VARIÉTÉS POSSÉDANT DES RÉSISTANCES PARTIELLES

Dans certains cas comme pour le Melon et le CMV, l'association de l'ensemble des mécanismes de résistance que l'on connaisse à ce jour n'assure pas une pro-

tection complète de la culture, et, en particulier dans certaines conditions épidémiologiques, des attaques de CMV préjudiciables à la production peuvent se développer chez les variétés à résistance partielle.

Dans une telle situation, il est possible d'intervenir sur l'environnement de la culture afin de retarder le développement des épidémies virales. L'association de l'emploi de variétés à résistance partielle et de pratiques culturales telles que l'élimination des sources de virus et l'utilisation de paillages plastiques — dans le cadre d'une lutte intégrée — aboutit alors à une protection efficace de la culture (Fig. 4) (LECOQ et PITRAT, 1982, ■ et b).

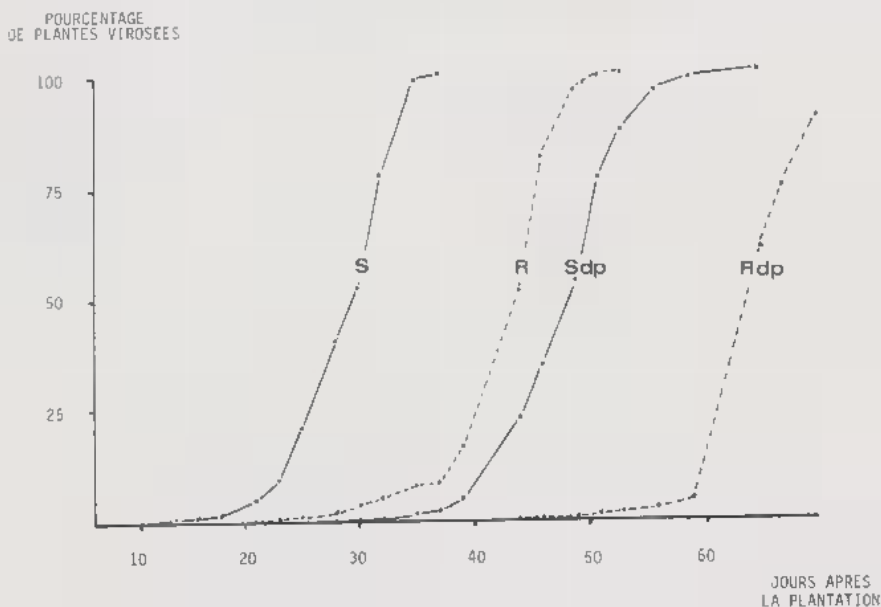


Fig. 4. — Développement des épidémies de virus dans des parcelles de variétés de Melon sensible (S) ou partiellement résistante au CMV (R). Certaines parcelles (dp) étaient paillées à l'aide de plastique transparent et leurs abords soigneusement désherbés.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- LATERROT H., 1973 — Résistance de la Tomate au virus de la Mosaïque du Tabac. Difficultés rencontrées pour la sélection de variétés résistantes. *Ann. Amélior. Plantes*, 23 : 287-313.
- LATERROT H., 1977 — Résistance de la Tomate au virus de la Mosaïque du Tabac. État actuel de la sélection. *P.H.M. Revue Horticole* n° 175 : 3-7.

- LECOQ H., COHEN S., PITRAT M., LABONNE G., 1979 — Resistance to Cucumber Mosaic Virus transmission by aphids in *Cucumis melo*. *Phytopathology*, 69 (12) : 1223-1225.
- LECOQ H., LABONNE G., PITRAT M., 1980 — Specificity of resistance to virus transmission by aphids in *Cucumis melo*. *Ann. Phytopathol.*, 12 (2) : 139-144.
- LECOQ H., PITRAT M., 1982 a — Field experiments on the integrated control of aphid-borne viruses in muskmelon. In «Plant Virus Epidemiology», J.M. Thresh et R.T. Plumb Ed., Blackwell Oxford (sous presse).
- LECOQ H., PITRAT M., 1982 b — Éléments pour une stratégie de lutte génétique et culturale contre le CMV chez le Melon. Les colloques de l'INRA, 11 : 45-58.
- LOEBENSTEIN G., RACCAH B., 1980 — Control of non persistently transmitted aphid-borne viruses. *Phytoparasitica*, 8 (3) : 221-235.
- MARCHOUX G., MARROU J., MIGLIORI A., 1967 — Variation de la concentration en virus de la Mosaïque du Concombre au cours de l'infection chez différentes plantes. Cas du Piment. *Rapport Activité Stat. Pathol. Végét. Montfavet* : 95-114.
- PITRAT M., LECOQ H., 1980 — Inheritance of resistance to Cucumber Mosaic Virus transmission by *Aphis gossypii* in *Cucumis melo*. *Phytopathology*, 70 (10) : 958-961.
- PIRONE T.P., 1977 — Accessory factors in non persistent virus transmission. In «Aphids as Virus Vectors», K.F. Harris et K. Maramorosch Ed., Academic Press, N. Y. : 221-223.
- POCHARD E., 1977 — Méthodes pour l'étude de la résistance partielle au Virus de la Mosaïque du Concombre chez le Piment. *Capsicum* 77, C.R. 3ème Congrès Eucarpia, Montfavet-Avignon. 93-104.
- POCHARD E., 1982 — A major gene with quantitative effect on two different viruses, CMV and TMV. *Capsicum - Newsletter*, 1 : 54-56.
- RISSE G., PITRAT M., LECOQ H., RODE J.C., 1981 — Sensibilité variétale du Melon (*Cucumis melo* L.) au virus du rabougrissement jaune du Melon (MYSV) et à sa transmission par *Aphis gossypii*. Hérité de la réaction de flétrissement. *Agronomie*, 1 (10) : 835-838.
- RISSE F., PITRAT M., RODE J.C., 1977 — Étude de la résistance du Melon (*Cucumis melo* L.) au Virus de la Mosaïque du Concombre. *Ann. Amélior. Plantes*, 27 (5) : 509-522.
- TROUTMAN J.L., FULTON R.W., 1958 — Resistance in Tobacco to Cucumber Mosaic Virus. *Virology*, 6 : 301-316.
- ZITTER T.A., SIMONS J.N., 1980 — Management of viruses by alteration of vector efficiency and by cultural practices. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 18 : 289-310.